

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-2835  
(P2000-2835A)

(43) 公開日 平成12年1月7日(2000.1.7)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

G 0 2 B 13/04  
13/22

識別記号

F I

G 0 2 B 13/04  
13/22

テーマコード(参考)

D 2 H 0 8 7

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平10-168300

(22) 出願日 平成10年6月16日(1998.6.16)

(71) 出願人 000000527

旭光学工業株式会社  
東京都板橋区前野町2丁目36番9号

(72) 発明者 江口 勝

東京都板橋区前野町2丁目36番9号 旭光  
学工業株式会社内

(72) 発明者 武石 洋子

東京都板橋区前野町2丁目36番9号 旭光  
学工業株式会社内

(74) 代理人 100083286

弁理士 三浦 邦夫

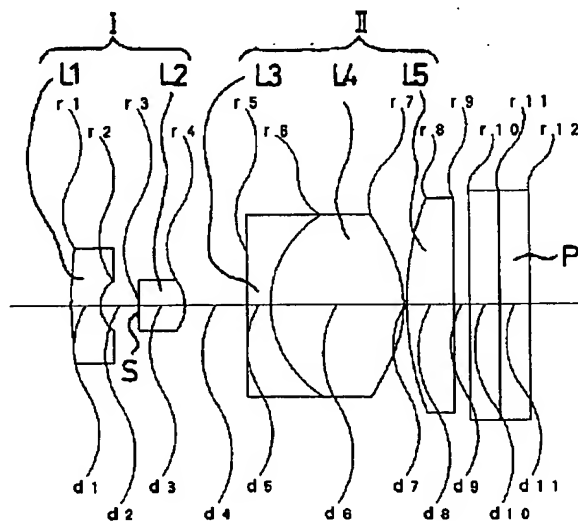
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 結像光学系

(57) 【要約】

【目的】 テレセントリック性の向上と、歪曲収差の補正とを両立させた結像光学系を得る。

【構成】 物体側から順に、負の第1レンズ群と、正の第2レンズ群から構成され、最も像側のレンズは、正の単レンズであり、像側から2番目のレンズの像側の面は、光軸から離れるに従い曲率の緩くなる非球面である結像光学系。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 物体側から順に、

負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群とから構成され、

第2レンズ群の最も像側のレンズは、正の単レンズからなり、

第2レンズ群の像側から2番目のレンズの像側の面は、光軸から離れるに従い曲率の緩くなる非球面からなることを特徴とする結像光学系。

【請求項2】 請求項1記載の結像光学系において、次の条件式(1)及び(2)を満足することを特徴とする結像光学系。

$$(1) 0.1 < f/f_L < 0.4$$

$$(2) 0.05 < A/f < 0.4$$

但し、

f: レンズ全系の焦点距離、

f<sub>L</sub>: 最も像側の正の単レンズの焦点距離、

A: 像側から2番目のレンズの像側の面の非球面の非球面量。

【請求項3】 請求項1または2記載の結像光学系において、第1レンズ群は、物体側から順に、負の第1レンズと絞りから構成され、第2レンズ群は、物体側から順に、正の第2レンズ、負の第3レンズ、正の第4レンズ及び正の第5レンズから構成されている結像光学系。

【請求項4】 請求項3記載の結像光学系において、次の条件式(3)、(4)及び(5)を満足する結像光学系。

$$(3) 0.8 < |f/f_1| < 1.6, \quad f_1 < 0$$

$$(4) 0.7 < f/f_2 < 1.4$$

$$(5) 0.2 < f/f_{34} < 0.5$$

但し、

f: レンズ全系の焦点距離、

f<sub>i</sub>: 第iレンズの焦点距離、f<sub>34</sub>: 第3レンズと第4レンズの合成焦点距離。

【請求項5】 請求項3または4記載の結像光学系において、負の第3レンズと正の第4レンズは、接合レンズである結像光学系。

【請求項6】 請求項5記載の結像光学系において、次の条件式(6)、(7)及び(8)を満足する結像光学系。

$$(6) -0.4 < f/r_a < 0$$

$$(7) 0.6 < f/r_b < 1.0$$

$$(8) -0.9 < f/r_c < -0.5$$

但し、

r<sub>a</sub>: 第3レンズの物体側の面の曲率半径、r<sub>b</sub>: 第3レンズと第4レンズの接合面の曲率半径、r<sub>c</sub>: 第4レンズ像側面の曲率半径。

【請求項7】 請求項3ないし6のいずれか1項記載の結像光学系において、さらに次の条件式(9)、(10)及び(11)を満足する結像光学系。

$$(9) 1.5 < (n_2 + n_4 + n_5) / 3 < 1.65$$

$$(10) 55 < (\nu_2 + \nu_4 + \nu_5) / 3$$

$$(11) 0.15 < n_3 - n_4$$

但し、

n<sub>i</sub>: 第iレンズのd線に対する屈折率、ν<sub>i</sub>: 第iレンズのアッペ数。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【技術分野】本発明は、電子内視鏡、デジタルカメラ等、固体撮像素子上に結像させる光学系として好適な結像光学系(対物光学系)に関するものである。

【0002】

【従来技術及びその問題点】例えば、カラーCCD上に結像させる電子内視鏡用の対物光学系(結像光学系)は、病変等の見落としの防止や作業性向上のため広い画角が要求される。また、電子内視鏡に限らずカラーCCD用の結像光学系は、シェーディングや色ずれ防止の為に、レンズ最終面からの射出光を撮像面にできるだけ垂直に入射させる、いわゆるテレセントリック性の良いことも求められる。

【0003】カラーカメラ用のCCDは、面順次方式で用いるモノクロカメラ用のCCDに比べると、一般的に1画面サイズが大きいので、結果としてレンズ系(結像光学系)が大きくならざるを得ない。レンズ系の全長が長くなると、内視鏡の場合には先端部の湾曲操作性が悪化し、収差補正も難しくなる。また、画素ピッチも小さいので、結像光学系として高解像度が要求される。さらに、画面形状が一般的に長方形であり、短辺方向の画角が小さいので、短辺方向の画角を大きくするには負(樽型)の歪曲収差(の絶対値)を小さくする必要がある。

【0004】内視鏡用の対物光学系としては、絞りを挟んで前群に負の屈折力を有する発散レンズ系、後群に正の屈折力を有する収斂レンズ系のパワー配置のレトロフォーカス型が良く用いられる。しかし、このレンズタイプはパワー配置が非対称型であるため、広い画角にわたって、像面湾曲や非点収差や倍率色収差他の諸収差を補正するのが難しい。特に負の歪曲収差が大きくなるという欠点がある。

【0005】非球面を用いて、歪曲収差を小さくすることは公知であるが、効果的な非球面位置は特定されていない。従来例として、特開平5-127081号公報のレンズ系は、テレセントリック性を重視した光学系であるが、歪曲収差は-50%程度ある。逆に、特開平8-146291号公報のレンズ系は、歪曲収差補正を重視した光学系であるが、テレセントリック性が良くない。

【0006】

【発明の目的】本発明は、テレセントリック性の向上と、歪曲収差の補正とを両立させた結像光学系を得ることを目的とする。

【0007】

【発明の概要】本発明の結像光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群から構成され、最も像側のレンズは、正の単レンズであり、像側から2番目のレンズの像側の面は、光軸から離れるに従い曲率の緩くなる非球面からなることを特徴としている。

【0008】この像側から2番目のレンズの非球面は、次の条件式(1)及び(2)を満足することが好ましい。

$$(1) 0.1 < f/f_L < 0.4$$

$$(2) 0.05 < A/f < 0.4$$

但し、

$f$  : レンズ全系の焦点距離、

$f_L$  : 最も像側の正レンズの焦点距離、

$A$  : 像側から2番目のレンズの像側の面の非球面の非球面量、

である。

【0009】本発明の結像光学系は、より具体的には、その第1レンズ群を、物体側から順に、負の第1レンズと絞りで構成し、第2レンズ群を、物体側から順に、正の第2レンズ、負の第3レンズ、正の第4レンズ及び正の第5レンズで構成して、次の条件式(3)、(4)及び(5)を満足させることが好ましい。

$$(3) 0.8 < |f/f_1| < 1.6, \quad f_1 < 0$$

$$(4) 0.7 < f/f_2 < 1.4$$

$$(5) 0.2 < f/f_{34} < 0.5$$

但し、

$f$  : レンズ全系の焦点距離、

$f_i$  : 第*i*レンズの焦点距離、

$f_{34}$  : 第3レンズと第4レンズの合成焦点距離、

である。このレンズ構成では、負の第3レンズと正の第4レンズは、製造誤差による性能劣化の感度の低減、及びレンズ組立作業性の向上の為に、接合することが望ましい。

【0010】また、本発明の結像光学系は、上記の具体的な4群5枚構成では、次の条件式(6)、(7)及び(8)を満足することが好ましい。

$$(6) -0.4 < f/r_a < 0$$

$$(7) 0.6 < f/r_b < 1.0$$

$$(8) -0.9 < f/r_c < -0.5$$

但し、

$r_a$  : 第3レンズの物体側の面の曲率半径、

$r_b$  : 第3レンズと第4レンズの接合面の曲率半径、

$r_c$  : 第4レンズ像側面の曲率半径、

である。

【0011】また、本発明の結像光学系は、上記の具体的な5枚構成では、次の条件式(9)、(10)及び(11)を満足することが好ましい。

$$(9) 1.5 < (n_2 + n_4 + n_5) / 3 < 1.65$$

$$(10) 55 < (\nu_2 + \nu_4 + \nu_5) / 3$$

$$(11) 0.15 < n_3 - n_4$$

但し、

$n_i$  : 第*i*レンズの*d*線に対する屈折率、

$\nu_i$  : 第*i*レンズのアッベ数、

である。

【0012】本発明の結像光学系は、内視鏡の対物光学系として利用できる他、デジタルカメラの撮影レンズ系としても利用できる。

【0013】

【発明の実施の形態】以下の各実施形態は、本発明の結像光学系を内視鏡用の結像光学系(対物光学系)に適用したものである。各実施形態の結像光学系は、図1、図3、図5、図7及び図9の各実施例に示すように、物体側から順に、負の屈折力の第1レンズ群Iと、正の屈折力の第2レンズ群IIとからなっている。第1レンズ群Iは、物体側から順に、負のパワーの第1レンズL1と絞りSからなり、第2レンズ群IIは、物体側から順に、正のパワーの第2レンズL2、負のパワーの第3レンズL3、正のパワーの第4レンズL4、及び正のパワーの第5レンズL5からなっている。第5レンズL5の最終面とCCDの間には、ローパスフィルターや赤外線カットフィルター、CCDカバーガラス他の平行平板Pが配置されている。図9の実施例以外の実施例では、第3レンズと第4レンズが接合されている。また、各実施例とも、最も像側の第5レンズは、正の単レンズであり、像側から2番目の第4レンズL4の像側の面は光軸から離れるに従い曲率が緩くなる非球面からなっている。

【0014】このように、最も像側のレンズを正の単レンズとし、像側から2番目のレンズの像側の面を光軸から離れるに従い曲率が緩くなる非球面とすることにより、テレセントリック性と歪曲収差の補正を両立させることができる。すなわち、テレセントリック性を良好にするには、最終レンズを光束を収束させる正のパワーの単レンズから構成することが好ましい。一方、歪曲収差の補正は、できるだけ光線高の高い位置で行なうことが望ましく、このため、歪曲収差を補正するための非球面を像側の面から2番目のレンズの像側の面に用いている。仮に、最終レンズ(第5レンズ)に非球面を用いると、歪曲収差は補正できるが、テレセントリック性が悪化することになる。つまり、最終レンズで歪曲収差を補正しようとする、レンズ周辺部でパワーが少なくなってしまうため、テレセントリック性を保持するのが困難となる。

【0015】条件式(1)ないし(11)は、第1レンズ群を、負の第1レンズから構成し、第2レンズ群を、物体側から順に、正の第2レンズ、負の第3レンズ、正の第4レンズ及び正の第5レンズから構成したときの条件である。

【0016】まず条件式(1)は、テレセントリック性に重要な影響を与える正の第5レンズL5の屈折力の数

値範囲を表す条件である。条件式(1)の下限を超えると、第5レンズL5の正の屈折力が弱くなる。そのため、テレセントリック性を維持するために第3レンズL3と第4レンズL4から構成される接合レンズの正の屈折力が大きくなり、歪曲収差や非点収差他が補正不足となる。条件式(1)の上限を超えると、第5レンズL5の正の屈折力が強くなる。従って、絞リから離れた位置で強いパワーを持つことになり、コマ収差や非点収差等の収差補正が困難となる。

【0017】条件式(2)は、像側の面から2番目の第4レンズL4の像側の面の非球面量と全系の焦点距離の比の数値範囲を表す条件である。条件式(2)の下限を超えると、非球面量が小さくなり、歪曲収差が補正不足となる。条件式(2)の上限を超えると、非球面量が大きくなり、歪曲収差は補正できるが、テレセントリック性を維持するのが困難となる。

【0018】条件式(3)は、負の第1レンズL1の屈折力の数値範囲を表す条件である。条件式(3)の下限を超えると、広い画角が得られなくなる。条件式(3)の上限を超えると、バックフォーカスが長くなりすぎて、全長(レンズ第1面から像面までの距離)が長くなり、内視鏡先端部の湾曲操作性が低下する。

【0019】条件式(4)は、構成レンズのうちで最も強い屈折力を有する正の第2レンズL2の屈折力の数値範囲を表す条件である。条件式(4)の下限を超えて第2レンズL2の正の屈折力が弱くなると、負の第1群とのバランスが崩れて、像面湾曲がオーバーとなる。条件式(4)の上限を超えて第2レンズL2の正の屈折力が強くなると、ベッツバール和が増大してしまい、像面湾曲がアンダーとなる。

【0020】条件式(5)は、第3レンズL3と第4レンズL4を接合する場合の合成屈折力の数値範囲を表す条件である。この接合レンズは、全体として正のパワーをもつ。条件式(5)の下限を超えて第3レンズL3と第4レンズL4の接合レンズの正の屈折力が弱くなると、テレセントリック性を維持するために第5レンズL5の正の屈折力が大きくなり、非点収差等が補正不足となり、画面周辺部での結像性能が低下する。条件式(5)の上限を超えて同接合レンズの正の屈折力が強くなりすぎると、テレセントリック性は維持できるが、歪曲収差が大きくなってしまう。

【0021】条件式(6)は、第3レンズL3の物体側の面の曲率(半径)の数値範囲を示す条件である。条件式(6)の下限を超えると、第3レンズL3の物体側の面の曲率がきつくなり過ぎてコマ収差が大きく発生してしまい、レンズ全系で補正不足となる。条件式(6)の上限を超えると、第3レンズL3の物体側の面が凸面になり、この面で軸外光束が光軸方向に曲げられてしまうので歪曲収差が大きく発生してしまう。この面は軸外光束に対して、ほぼコンセントリックであることが望まし

い。

【0022】条件式(7)は、第3レンズL3と第4レンズL4の接合レンズの接合面の曲率(半径)の数値範囲を示す条件である。条件式(7)の下限を超えると、接合面の曲率が緩くなり、倍率色収差他が補正不足になる。条件式(7)の上限を超えると、接合面の曲率がきつくなり、倍率色収差他の収差補正には有利であるが、接合レンズを構成する正レンズの周縁部の厚みが取れなくなる。

【0023】条件式(8)は、第4レンズL4の像側の面の曲率(半径)の数値範囲を示す条件である。条件式(8)の下限を超えると、第4レンズL4の像側の面の曲率がきつくなりすぎて、歪曲収差が大きくなる。条件式(8)の上限を超えると、第4レンズL4の像側の面の曲率が緩くなりすぎて、テレセントリック性が確保できなくなる。

【0024】条件式(9)は、3枚の正レンズの屈折率の平均値の数値範囲を示す条件であり、また条件式(10)は、3枚の正レンズのアップ数の平均値の数値範囲を示す条件である。各実施形態では、明るさ絞リより像側に位置する3枚の正レンズに適切に屈折力を分配しているために、各正レンズの屈折率は $n=1.5\sim 1.6$ と低いもので済んでいる。屈折率が低い硝材を使えるということは、低分散の硝材が使えることになり、倍率色収差の補正に有利である。条件式(9)の下限を超えると、ベッツバール和が大きくなり、像面湾曲がアンダーとなる。条件式(9)の上限を越えると、低分散の硝材が使えなくなり、倍率色収差が補正不足となる。条件式(10)の下限を越えると、倍率色収差が補正不足となる。

【0025】条件式(11)は、接合レンズの屈折率の差の数値範囲を示す条件である。接合面を軸外光束に対して発散面とすることにより、色収差の補正の他に、コマ収差や非点収差の補正効果があるが、条件式(11)の下限を超えて、屈折率差が小さくなると、接合面の軸外光束に対する発散作用が弱まるため、収差補正に不利となる。

【0026】次に具体的な実施例を説明する。実施例の諸収差図中、d線、g線、C線は球面収差により示される軸上色収差、倍率色収差であり、Sはサジタル、Mはメリディオテルである。また、数値データを示す表中、 $F_{N0}$ はFナンバー、 $f$ は全系の焦点距離、 $M$ は横倍率、 $W$ は半画角、 $f_B$ はバックフォーカス(レンズ最終面からCCD面までの空気換算距離)、 $R$ は曲率半径、 $D$ はレンズ厚またはレンズ間隔、 $N_d$ はd線の屈折率、 $\nu_d$ はアップ数を示す。回転対称非球面は次式で定義される。

$$x = Ch^2 / [1 + \{1 - (1+K)C^2 h^2\}^{1/2}] + A_4 h^4 + A_6 h^6 + A_8 h^8 + \dots$$

( $C$ は曲率( $1/r$ )、 $h$ は光軸からの高さ、 $K$ は円錐係数、 $A_i$ は*i*次の非球面係数)

【0027】[実施例1] 図1は本発明の結像光学系の実施例1のレンズ構成図、図2はその諸収差図、表1はその数値データである。第1レンズ群Iを構成する第1レンズL1は像側に凹の負メニスカスレンズであり、その後方に絞りSが位置している。第2レンズ群IIの第2レンズL2は像側に凸の正レンズ、第3レンズL3は像

側に凹の負レンズ、第4レンズL4は両凸正レンズで、第3レンズL3と第4レンズL4は接合しており、第5レンズL5は、物体側に凸の正の単レンズである。第4レンズの像側の面は回転対称非球面である。

【0028】

【表1】

$$F_{N0}=1.8.1$$

$$f=1.48$$

$$M=-0.135$$

$$W=62.85^\circ$$

$$f_B=0.91 \text{ (} =d9+d10/1.52400+d11/1.51633 \text{)}$$

面No.	R	D	Nd	$\nu_d$
1	8.000	0.49	1.51633	64.1
2	0.585	0.62	-	-
3	$\infty$	0.76	1.51633	64.1
4	-0.807	1.03	-	-
5	-85.743	0.38	1.84666	23.8
6	2.020	2.20	1.66910	55.4
7*	-2.135	0.05	-	-
8	5.969	0.78	1.51633	64.1
9	$\infty$	0.26	-	-
10	$\infty$	0.50	1.52400	65.5
11	$\infty$	0.50	1.51633	64.1
12	$\infty$	-	-	-

\*は回転対称非球面。

非球面データ(表示していない非球面係数は0である)；

面No.	K	A4	A6	A8
7	0.00	$0.2452 \times 10^{-1}$	$-0.2684 \times 10^{-3}$	$0.1160 \times 10^{-2}$

【0029】[実施例2] 図3は、本発明の結像光学系の実施例2のレンズ構成図、図4はその諸収差図、表2はその数値データである。基本的レンズ構成は実施例1

と同じである。

【0030】

【表2】

$$F_{N0}=1.8.0$$

$$f=1.51$$

$$M=-0.139$$

$$W=60.45^\circ$$

$$f_B=1.10 \text{ (} =d9+d10/1.52400+d11/1.51633 \text{)}$$

面No.	R	D	Nd	$\nu_d$
1	8.000	0.49	1.51633	64.1
2	0.575	0.61	-	-
3	$\infty$	0.76	1.51633	64.1
4	-0.792	0.95	-	-
5	-18.666	0.43	1.84666	23.8
6	2.020	2.20	1.66910	55.4
7*	-2.135	0.05	-	-
8	6.241	0.77	1.51633	64.1
9	$\infty$	0.44	-	-
10	$\infty$	0.50	1.52400	65.5
11	$\infty$	0.50	1.51633	64.1
12	$\infty$	-	-	-

\*は回転対称非球面。

非球面データ(表示していない非球面係数は0である) ;

面No.	K	A4	A6	A8
7	0.00	$0.2452 \times 10^{-1}$	$-0.2684 \times 10^{-3}$	$0.1160 \times 10^{-2}$

【0031】[実施例3] 図5は、本発明の撮影レンズ系の実施例3のレンズ構成図、図6はその諸収差図、表3はその数値データである。基本的レンズ構成は実施例

1と同じである。

【0032】

【表3】

$$F_{N0}=1.8.0$$

$$f=1.57$$

$$M=-0.145$$

$$W=60.06^{\circ}$$

$$f_B=1.19 (=d9+d10/1.52400+d11/1.51633)$$

面No.	R	D	Nd	$\nu_d$
1	7.998	0.49	1.88300	40.8
2	0.925	0.57	-	-
3	$\infty$	0.77	1.58913	61.2
4	-0.903	1.04	-	-
5	-17.500	0.30	1.84666	23.8
6	2.020	2.20	1.66910	55.4
7*	-2.135	0.05	-	-
8	6.208	0.77	1.51633	64.1
9	$\infty$	0.53	-	-
10	$\infty$	0.50	1.52400	65.5
11	$\infty$	0.50	1.51633	64.1
12	$\infty$	-	-	-

\*は回転対称非球面。

非球面データ(表示していない非球面係数は0である) ;

面No.	K	A4	A6	A8
7	0.00	$0.2452 \times 10^{-1}$	$-0.2684 \times 10^{-3}$	$0.1160 \times 10^{-2}$

【0033】[実施例4] 図7は、本発明の撮影レンズ系の実施例4のレンズ構成図、図8はその諸収差図、表4はその数値データである。基本的レンズ構成は実施例

1と同じである。

【0034】

【表4】

$$F_{N0}=1.8.2$$

$$f=1.56$$

$$M=-0.145$$

$$W=60.135^{\circ}$$

$$f_B=1.07 (=d9+d10/1.52400+d11/1.51633)$$

面No.	R	D	Nd	$\nu_d$
1	8.000	0.49	1.51633	64.1
2	0.603	0.50	-	-
3	$\infty$	0.79	1.51633	64.1
4	-0.717	0.50	-	-
5	-5.608	0.51	1.84666	23.8
6	2.020	2.20	1.66910	55.4
7*	-2.135	0.31	-	-
8	5.479	0.87	1.51633	64.1
9	$\infty$	0.41	-	-
11	$\infty$	0.50	1.51633	64.1
12	$\infty$	-	-	-

\*は回転対称非球面。

非球面データ(表示していない非球面係数は0である) ;

面No.	K	A4	A6	A8
7	0.00	$0.2452 \times 10^{-1}$	$-0.2684 \times 10^{-3}$	$0.1160 \times 10^{-2}$

【0035】[実施例5]図9は、本発明の撮影レンズ系の第5の実施例のレンズ構成図、図10はその諸収差図、表5はその数値データである。基本的レンズ構成は、第3レンズL3が物体側に凹の負のメニスカスレン

ズである点、第3レンズL3と第4レンズL4が接合されていない点を除いて、実施例1と同じである。

【0036】

【表5】

$F_{No}=1.6.0$   
 $f=1.54$   
 $M=-0.142$   
 $W=65.06^\circ$   
 $f_B=0.96$  ( $=d9+d10/1.52400+d11/1.51633$ )

面No.	R	D	Nd	$\nu_d$
1	$\infty$	0.49	1.45854	68.0
2	0.723	0.34	-	-
3	$\infty$	0.80	1.58913	61.2
4	-0.745	0.70	-	-
5	-2.030	0.30	1.84666	23.8
6	7.612	0.07	-	-
7	4.251	1.60	1.66910	55.4
8*	-1.810	0.05	-	-
9	3.891	1.00	1.51633	64.1
10	-22.318	0.30	-	-
11	$\infty$	0.50	1.52400	65.5
12	$\infty$	0.50	1.51633	64.1
13	$\infty$	-	-	-

\*は回転対称非球面。

非球面データ(表示していない非球面係数は0である)；

面No.	K	A4	A6	A8
8	0.00	$0.4310 \times 10^{-1}$	$-0.1796 \times 10^{-2}$	$0.4481 \times 10^{-2}$

【0037】実施例1から5の各条件式に対する値を表6に示す。

【表6】

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5
条件式(1)	0.128	0.125	0.130	0.147	0.237
条件式(2)	0.117	0.140	0.102	0.103	0.252
条件式(3)	1.181	1.232	1.282	1.206	0.977
条件式(4)	0.945	0.986	1.024	1.122	1.218
条件式(5)	0.379	0.360	0.369	0.287	0.269
条件式(6)	-0.017	-0.081	-0.090	-0.278	-
条件式(7)	0.731	0.749	0.777	0.771	-
条件式(8)	-0.692	-0.708	-0.735	-0.730	-
条件式(9)	1.567	1.567	1.592	1.567	1.592
条件式(10)	61.2	61.2	60.2	61.2	60.2
条件式(11)	0.178	0.178	0.178	0.178	0.178

【0038】表6から明かなように、各実施例は、接合レンズを含まない実施例5の接合レンズに関する条件式(7)を除いて、条件式(1)ないし(11)を満足し、各収差、特に歪曲収差がよく補正されている。

【0039】

【発明の効果】本発明によれば、テレセントリック性の向上と、歪曲収差の補正とを両立させた結像光学系を得

ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による結像光学系の第1の実施例のレンズ構成図である。

【図2】図1のレンズ系の諸収差図である。

【図3】本発明による結像光学系の第2の実施例のレンズ構成図である。

【図4】図3のレンズ系の諸収差図である。

【図5】本発明による結像光学系の第3の実施例のレンズ構成図である。

【図6】図5のレンズ系の諸収差図である。

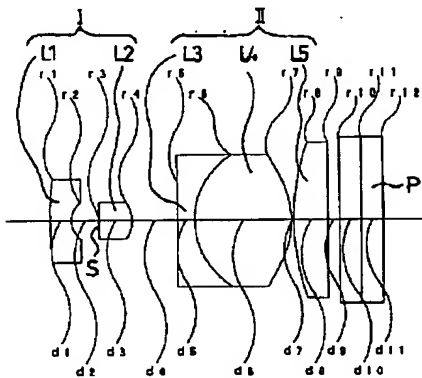
【図7】本発明による結像光学系の第4の実施例のレンズ構成図である。

【図8】図7のレンズ系の諸収差図である。

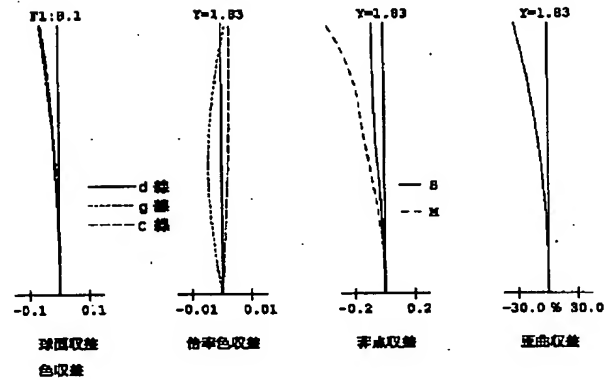
【図9】本発明による結像光学系の第5の実施例のレンズ構成図である。

【図10】図9のレンズ系の諸収差図である。

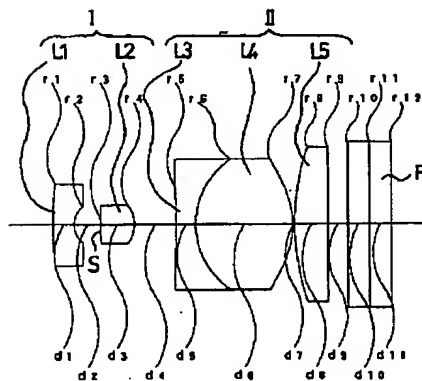
【図1】



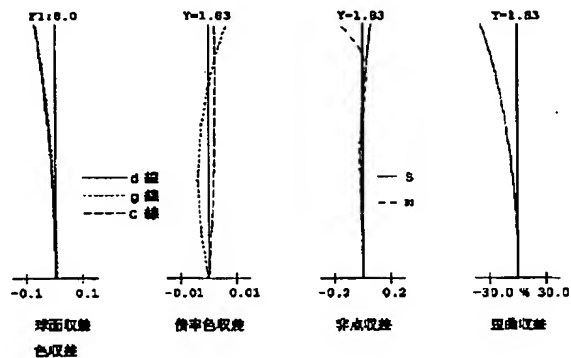
【図2】



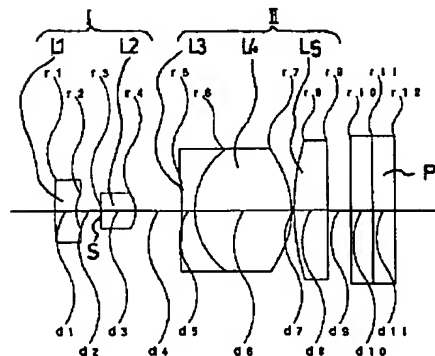
【図3】



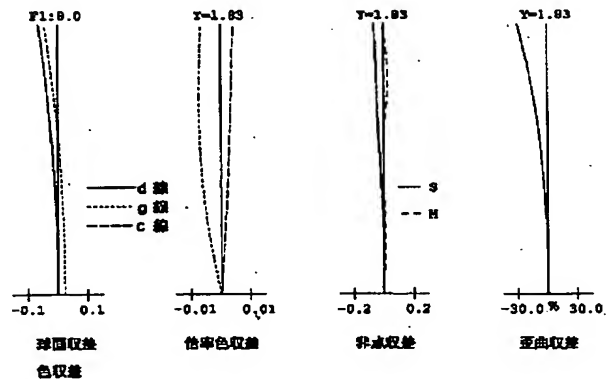
【図4】



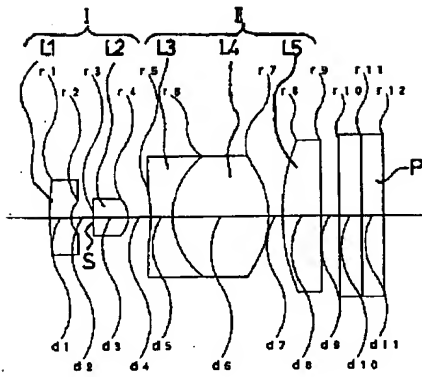
【図5】



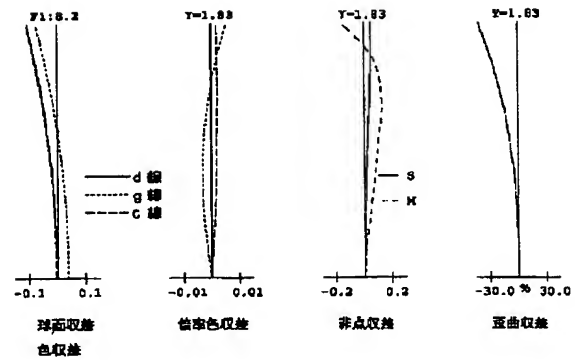
【図6】



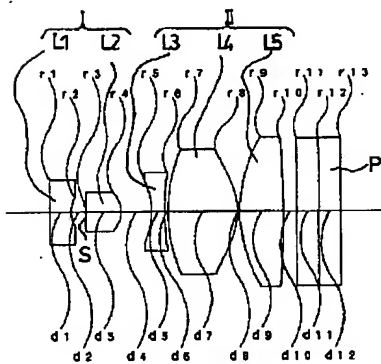
【図7】



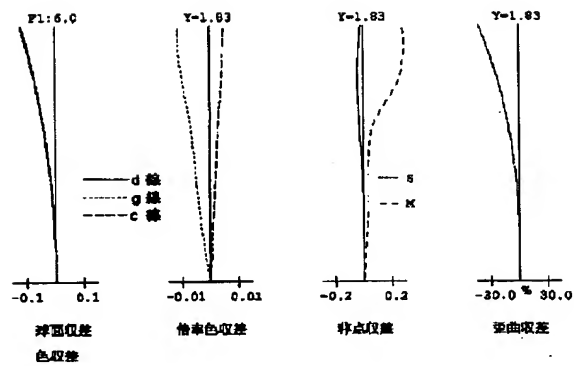
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H087 KA01 KA10 LA03 NA02 PA04  
 PA05 PA17 PA18 PB05 QA01  
 QA02 QA05 QA07 QA16 QA17  
 QA21 QA26 QA33 QA34 QA41  
 QA46 RA05 RA13 RA42 RA43  
 RA44